

DINÁMICA POBLACIONAL DE Aedes Aegypti (DIPTERA: CULICIDAE) EN CUATRO LOCALIDADES DE YUCATÁN (TESIS MASTER)

Juan Manuel Chávez Trava;

Hugo Delgadín González, Abdiel Agustín Martínez Park,
Pablo Manrique Saide;

© 2020, JUAN MANUEL CHÁVEZ TRAVA



This work is licensed under the Creative Commons Attribution License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>), which permits unrestricted use, distribution, and reproduction, provided the original work is properly credited.

Cette œuvre est mise à disposition selon les termes de la licence Creative Commons Attribution (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>), qui permet l'utilisation, la distribution et la reproduction sans restriction, pourvu que le mérite de la création originale soit adéquatement reconnu.

IDRC Grant/ Subvention du CRDI: 108412-001-Preventing Zika disease with novel vector control approaches



UADY

POSGRADO
INSTITUCIONAL
EN CIENCIAS
AGROPECUARIAS Y
MANEJO DE RECURSOS
NATURALES TROPICALES

**“Dinámica poblacional de *Aedes aegypti* (Diptera:
Culicidae) en cuatro localidades de Yucatán”**

TESIS

**PRESENTADA COMO REQUISITO
PARA OBTENER EL GRADO DE**

**MAESTRO EN CIENCIAS EN MANEJO DE RECURSOS
NATURALES TROPICALES**

POR:

**Licenciado en Biología Marina
Juan Manuel Chávez Trava**

Directores:

**Dr. Hugo Delfín González
Dr. Abdiel Agustín Martín Park**

Mérida, Yuc., México, Junio de 2018

DECLARACIÓN

El presente trabajo no ha sido aceptado o empleado para el otorgamiento de título o grado diferente o adicional al actual. La tesis es resultado de las investigaciones del autor, excepto donde se indican las fuentes de información consultadas. El autor otorga su consentimiento a la UADY para la reproducción del documento con el fin del intercambio bibliotecario siempre y cuando se indique la fuente.

DEDICATORIA

A mi familia por apoyarme incondicionalmente, y sus buenas vibras permanentes.

A mis amigos por el apoyo tan particular que me han dado.

A mis profesores que han contribuido cada uno a su manera en mi formación profesional.

AGRADECIMIENTOS

A mis asesores, el Dr. Hugo Delfín González y al Dr. Abdiel Martín Park, por su apoyo, formación académica y sobre todo por su amistad.

Al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) por la beca de maestría otorgada.

Al Canadian Institutes of Health Research (CIHR) y Proyecto “Preventing Zika disease with novel vector control approaches” (IDRC, Proyecto:108412) por aportar recursos económicos destinados para esta investigación.

Al comité tutorial conformado por la Dra. Gabriela González Olvera, quien además de ayudarme con mi tesis, fue un apoyo extra que me mantuvo siempre por el camino correcto. Al Dr. Jorge Leirana por sus valiosas sugerencias y recomendaciones que enriquecieron sustancialmente el trabajo. Al Dr. Pablo Manrique Saide, quien me aceptó como tesista, a pesar de no haber tenido una formación entomológica previa. Por su amistad y su particular forma de ayudar.

A los compañeros de campo de la Unidad Colaborativa para Bioensayos Entomológicos, que además de ayudarme con los muestreos, se convirtieron en amigos de verdad. Gracias a su amistad, logré terminar esta tesis.

A mis compañeros del laboratorio de la Unidad Colaborativa para Bioensayos Entomológicos, que siempre me apoyaron con la identificación y conteo de mosquitos, y resolvieron todas mis dudas con la mejor disposición. Gracias a su amistad, logré terminar esta tesis.

A Sergio Peña Fierro y Ramón Arjona Crespo de la CONAGUA, quienes amablemente me apoyaron con datos climáticos, al momento de que se los pedí.

Al M. en C. Felipe Dzul Manzanilla, por su apoyo con los análisis estadísticos e interpretación de resultados, así como por su amistad.

Al Biol. Anuar Medina Barreiro, quien siempre me apoyó con su amistad y sus funciones administrativas en la Unidad Colaborativa para Bioensayos Entomológicos.

A los M. en C. Juan Navarrete Carballo y Sergio Dzib por su amistad, y su apoyo en la identificación de mosquitos. Al Biol. Wilberth Bibiano Marín y al M. en C. Evaristo Morales por su amistad y su apoyo en los muestreos.

Finalmente a mi familia, mis papás: María de Lourdes y Juan de Dios; mi hermano Juan Esteban.

RESUMEN

Los mosquitos transmiten diversos patógenos que se traducen en una morbilidad y mortalidad significativa para el ser humano. Por lo tanto, este insecto representa un objetivo clave para las estrategias dirigidas a reducir o eliminar la transmisión de dichos patógenos. El mosquito *Aedes aegypti* es una especie de las regiones tropicales y subtropicales del globo, generalmente dentro de los límites de 35° de latitud norte y 35° de latitud sur. En regiones tropicales y subtropicales la distribución estacional de los mosquitos típicamente sigue los patrones de precipitaciones, mientras que en regiones templadas la población está regulada por la duración y la intensidad del invierno, niveles de precipitación y temperatura. Las localidades de Yucatán elegidas para el presente trabajo son zonas suburbanas con un aislamiento relativo de otros asentamientos humanos, por lo que se pueden considerar poblaciones cerradas. No hay información en estas localidades acerca de la dinámica poblacional del mosquito *Aedes aegypti*, ni se ha correlacionado con factores climáticos. Se realizaron muestreos de huevos y de adultos, durante más de un año, y se asoció con factores climáticos. Se encontró una correlación positiva entre abundancia de adultos y de huevos, con precipitaciones y temperatura, siendo mayor con las precipitaciones.

Palabras Clave: Mosquitos, abundancia, población, temperatura, precipitación, Yucatán.

SUMMARY

Mosquitoes transmit a variety of pathogenes, leading to a significant morbidity and mortality in human beings. Therefore, this insect is a key target for strategies to reduce or eliminate the transmission of this pathogenes. The *Aedes aegypti* mosquito lives in tropical and subtropical zones of the planet, within 35° north latitude degrees limits and 35° south latitude. In these regions, the abundance typically follows precipitation levels, while in tempered regions, it follows the intensity of the winter, precipitation and temperature levels. The four locations of this project are suburban localities, relatively isolated, so these are considered closed populations. There is no information on these sites about population dynamics of *Aedes aegypti*, nor has been related to climate factors.

Eggs and adults samplings were made throughout a year, using ovitraps and BG-Sentinel traps, and the results were associated to climate factors. We found a positive correlation between eggs and adults abundance and temperature and precipitation levels.

Keywords: Mosquitoes, abundance, population, temperature, precipitation, Yucatan.

1. INTRODUCCIÓN

Los mosquitos transmiten diversos patógenos que se traducen en una morbilidad y mortalidad significativa para el ser humano. Por lo tanto, este insecto representa un objetivo clave para las estrategias dirigidas a reducir o eliminar la transmisión de dichos patógenos (Alphey, 2014). Existen a nivel mundial 43 géneros y 3668 especies de mosquitos (Foley *et al.*, 2007). En México, están registrados 18 géneros y 247 especies (Ibáñez-Bernal *et al.*, 1996). Más específicamente, en Yucatán se han registrado 14 géneros y 50 especies (Zapata-Peniche *et al.*, 2007). Y finalmente, en Mérida, se han registrado 16 especies (Najera-Vazquez *et al.*, 2004).

El mosquito *Aedes aegypti*, es una especie de las regiones tropicales y subtropicales del globo, generalmente dentro de los límites de 35° de latitud norte y 35° de latitud sur que corresponden a una isotérmica de 10 °C. Aun cuando el mosquito se ha encontrado hasta los 45° de latitud norte, estas invasiones, que ocurren durante la estación cálida, no sobreviven el invierno (Nelson, 1986). En regiones tropicales y subtropicales la distribución estacional de los mosquitos típicamente sigue los patrones de precipitaciones, mientras que en regiones templadas la población está regulada por la duración y la intensidad del invierno, niveles de precipitación y temperatura (Rossi y Almirón, 2004). Localmente, los números de esta especie pueden variar sustancialmente a corta distancia, dependiendo de la disponibilidad de sitios para poner sus huevos (Getis *et al.*, 2013), lo cual está influenciado por el ser humano (Barrera, 2011).

Esta especie destaca en el interior de las viviendas por sus hábitos antropofílicos (Manrique-Saide *et al.*, 2005). Los criaderos más importantes están en los patios de las viviendas, los cuales se llenan principalmente con agua de lluvia (Hernández-Ortiz *et al.*, 2006).

El dengue, chikungunya y zika, comparten al mismo vector: el mosquito *Ae. aegypti* (Calvo *et al.*, 2016). De los anteriores, el dengue es la enfermedad producida por un arbovirus que se propaga más rápido a nivel mundial, con una incidencia anual aproximada de 50,000 millones de casos, 500,000 de estos, severos (OMS, 2007). Durante las epidemias, las tasas

de ataque pueden llegar a afectar a 80–90% de las personas susceptibles (Calisher, 2005) y la letalidad puede ser mayor de 5% (Guzmán y Kouri, 2002). En décadas recientes, se ha observado un crecimiento casi exponencial (Nathan y Dayal-Drager, 2006). El severo impacto socioeconómico de la enfermedad está siendo cada vez mejor documentado (Suaya *et al.*, 2007). De las enfermedades virales transmitidas por artrópodos, el dengue es la de mayor importancia actualmente y constituye una prioridad de salud pública en los países tropicales y subtropicales (Guzmán *et al.*, 2006).

El virus Zika proviene de África central y se expandió rápidamente a través del Pacífico hasta Sudamérica. La enfermedad producida por este virus, es un ejemplo de fiebre exantemática leve. La mortalidad es muy baja, y se limita a casos de Guillain-Barré o microcefalia fetal (Sallent *et al.*, 2016). Ya se reportó una epidemia del virus Zika en la zona del Caribe, Centro y Sudamérica en el 2015 (Vorou, 2016).

El virus del Chikungunya produce una enfermedad febril aguda que frecuentemente viene acompañada de artralgia. Históricamente, estaba restringido al hemisferio oriental, pero en el 2013 el virus se reportó en el hemisferio occidental, en un gran brote en la región del Caribe (Cigarroa-Toledo *et al.*, 2016). El primer caso en México, se reportó en Jalisco en mayo del 2014 cuando el paciente regresó de la zona del Caribe (Rivera-Ávila, 2014). El primer caso autóctono, se registró en octubre del 2014 en el estado de Chiapas (Díaz-Quirón *et al.*, 2015).

Al no existir vacunas ni medicamentos efectivos para su prevención y tratamiento, (Gomez-Dantés y Willoquet, 2009) las acciones para controlar las poblaciones de *Ae. aegypti* se sustentan en a) el control químico de los estados inmaduros y la eliminación física de los criaderos (campañas de descacharrización); b) el control químico de los mosquitos adultos mediante insecticidas en tratamientos espaciales y rociado intradomiliario focal, y c) estrategias de promoción de la salud y participación comunitaria Patio limpio y cuidado del agua almacenada (SSA, 2008) (SSA, 2014).

Aedes aegypti se desarrolla en cuerpos de agua almacenada en distintos tipos de contenedores dentro y alrededor de las viviendas humanas. Un método de control apropiado es la eliminación de las fuentes de agua y criaderos, para lo que se ha recomendado el

manejo ambiental permanente, que tiene como objetivo modificar físicamente el entorno donde se desarrolla y vive el mosquito para prevenir y minimizar la propagación de las enfermedades a través del contacto vector-humano.

Estudios de dinámica de poblaciones son fundamentales en regiones específicas (Otero *et al.*, 2006) (Rodhain, 1997) teniendo en cuenta que las poblaciones de *Ae. aegypti* puede mostrar variaciones en su comportamiento en diferentes áreas geográficas (Tejerina *et al.*, 2009) (Grech *et al.*, 2010). Además, los estudios estacionales de la actividad de oviposición y los patrones de abundancia del vector son necesarios para predecir los períodos de mayor riesgo de transmisión de los virus (Vezzani y Carbajo, 2008).

Trabajos de dinámica poblacional de esta especie se han llevado a cabo en el continente americano (Rodriguez *et al.*, 2015) y en México (García *et al.*, 2011), con la finalidad de conocer los patrones estacionales que presenta esta especie.

En el presente estudio se realizó un monitoreo para conocer la dinámica poblacional en tiempo y espacio de *Ae. aegypti* en Hacienda Tahdzibichén, San Pedro Chimay, Tekik de Regil y Molas, localidades de Yucatán.

2. OBJETIVOS

Objetivo general

- Estimar la abundancia relativa de las poblaciones del mosquito *Aedes aegypti* en tiempo y espacio en Molas, Hacienda Tahdzibichén, San Pedro Chimay y Tekik de Regil, Yucatán.

Objetivos específicos

- Describir los cambios temporales y espaciales de la prevalencia y abundancia de huevos de *Aedes aegypti* en los sitios de estudio en el periodo de un año.
- Describir los cambios temporales y espaciales de la prevalencia y abundancia de adultos de *Ae. aegypti* en Hacienda Tahdzibichén, San Pedro Chimay, Tekik de Regil y Molas, en el período de un año.
- Describir de manera independiente la abundancia total de hembras alimentadas, hembras no alimentadas y machos.
- Determinar la asociación entre el número de huevos y adultos con la lluvia y temperatura.

3. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1 Población

Una población es un grupo de organismos de la misma especie que ocupa un espacio en particular y funciona como parte de una comunidad biótica, la cual a su vez se define como el ensamble de poblaciones que funcionan de la misma manera que una unidad integrante a través de una serie de transformaciones metabólicas coevolutivas en un área prescrita del hábitat físico (Odum, 2006).

3.1.2 Dinámica poblacional

La naturaleza está en un flujo continuo, y sus patrones de distribución y abundancia son determinados por un balance entre factores que añaden individuos, como nacimientos e inmigración, y factores que remueven individuos, como muertes y emigración (Molles, 2016).

Se considera al crecimiento poblacional como un proceso determinista. Puesto que las tasas de natalidad y mortalidad se suponen constantes, para un conjunto dado de condiciones iniciales, ambos modelos exponencial y logístico del crecimiento poblacional pronosticarán solamente un resultado exacto. La comprensión de que la dinámica poblacional representa el resultado combinado de muchas probabilidades individuales ha conducido al desarrollo de modelos probabilísticos o estocásticos del crecimiento poblacional. Estas poblaciones no funcionan de forma independiente unas de otras. La dispersión tiene el efecto de variar la distribución espacial de individuos, y como resultado, los patrones localizados de la densidad poblacional. Aunque el movimiento de individuos dentro de la población produzca cambios en el patrón de distribución y la densidad en el tiempo, los factores principales que dominan la dinámica de la población son los procesos demográficos del nacimiento y la muerte (Smith y Smith, 2015).

3.2 Phylum Arthropoda

Un artrópodo (del griego *arthron*, “articulación” y *pous*, “pie”) es un animal invertebrado que posee un exoesqueleto, un cuerpo segmentado, y apéndices articulados en pares. Este grupo posee una cutícula de quitina, en ocasiones mineralizada con carbonato de calcio (Ortega-Hernández, 2016).

El número estimado de especies de artrópodos varía entre 1,170,000 y 10 millones, y representan el 80% de todos los animales vivos (Ødegaard, 2000). Los artrópodos también dominan entre los fósiles encontrados hasta ahora. En este filo se encuentran insectos, arañas, escorpiones, copépodos, cangrejos, etcétera. Como los anélidos, los artrópodos son básicamente metaméricos, con nuevos segmentos saliendo durante su desarrollo. Estos

segmentos tienen especializaciones, a lo que se le conoce como tagmatización (Pechenik J, 2015).

Un subgrupo de artrópodos, los insectos, son los miembros más ricos en especies de todos los gremios ecológicos en entornos terrestres y de agua dulce (Thompson, 1994). En cuanto a su relación con los humanos, desde tiempos remotos ha existido un conocimiento de los artrópodos, que si bien se ha vinculado principalmente a los aspectos económicos (ya sea nociva o benéficamente), de salud pública, y de terapéutica, también se han hecho presentes en la cotidianidad de los humanos (Pinkus, 2010).

3.3 Clase Insecta

Se han reportado insectos en prácticamente todos los hábitats, excepto en el océano profundo. Aunque la mayoría de especies son terrestres, muchas especies viven, ya sea como larvas o adultos, en cuerpos de agua dulce o lagunas salobres e incluso algunas especies viven en la superficie del agua en mar abierto. Hay millones de especies descritas y se cree pueden ser muchas más. Este tremendo número de especies es en parte atribuido a las especializaciones, capacidad de dispersión y a las diversas estrategias para evitar depredadores. Los insectos fueron los primeros organismos que lograron volar, por lo que explotaron un nicho que hasta el momento era virgen.

La ecología de estos organismos varía mucho. Pueden dominar cadenas y redes alimenticias, en términos de volumen y números. Se alimentan de detritus, materia en descomposición, madera, hongos, filtran microorganismos acuáticos, otros insectos (depredadores), y muchos son parásitos (Gullan y Cranston, 2014).

Los insectos son de los grupos más investigados, debido al impacto que tienen sobre la humanidad. Muchas especies son ampliamente estudiadas debido a que son vectores de enfermedades que afectan al ser humano (malaria, dengue, fiebre amarilla, etc.) (Pechenik, 2015).

En esta clase destacan cinco órdenes mayores por su riqueza de especies; escarabajos (Coleóptera); moscas (Diptera); avispas, hormigas y abejas (Hymenoptera); mariposas y polillas (Lepidoptera) y chinches (Hemiptera) (Gullan y Cranston, 2014).

A nivel mundial, se han descrito más de un millón de especies de insectos (Llorente y Ocegeda, 2008) alrededor de 70,000 en México y 2,300 en Yucatán (Durán y Mendez, 2010).

3.4 Orden Díptera

Los dípteros son uno de los grupos más abundantes, y sus especies se distribuyen prácticamente en todo el mundo. La mayoría son fácilmente distinguibles por tener un par de alas. Son pequeños y de cuerpo blando, y son de gran importancia económica. Por una parte, los mosquitos y otras moscas hematófagas son plagas para el ser humano. Son vectores de enfermedades que resultan en altísimos costos. Por otra parte, muchos dípteros son útiles como carroñeros, y depredadores de parásitos dañinos o de otros dípteros que son considerados plagas. Otros son útiles debido a que contribuyen a la polinización.

Las partes bucales de los dípteros son en general para chupar, aunque las estructuras varían entre familias y especies. Algunas están diseñadas para perforar, otros para cortar, o para lamer, e incluso en algunas moscas las estructuras bucales están pobremente desarrolladas y no son funcionales.

Los dípteros sufren una metamorfosis completa, y pasan por las siguientes fases: huevo, larva, pupa y adulto (Triplehorn y Johnson, 2005).

Este orden es uno de los grupos de organismos más ricos en especies, anatómicamente variado y ecológicamente innovadores que constituyen el 10-15% de las especies animales conocidas (Yeates *et al.*, 2007). Las especies de dípteros se han clasificado en 11,021

géneros, 150 familias, 22 a 32 superfamilias, de 8 a 10 infraórdenes y 2 subórdenes (McAlpine y Wood 1989).

En el mundo se estima que hay aproximadamente 155,000 especies descritas (Groombridge, 1992; Brown, 2009; Pape y Thompson, 2013). En México, hay registradas alrededor de 5,000 especies, distribuidas en 78 familias, pero se estima que pudiera estar representado por aproximadamente 30,000 especies, basados en la consideración de que el país alberga aproximadamente el 10% de la biodiversidad mundial (Morón y Terrón, 1988; Morón y Valenzuela-González, 1993).

En Yucatán, se han descrito 482 especies (Islebe *et al.*, 2015) de 45 familias formalmente reportadas, que representan el 9.3% de las especies reconocidas para México, de las cuales únicamente el 62.5% (291 especies) tienen nombre específico y el restante solo se ha reportado a nivel de morfoespecie (Manrique-Saide y González, 2010).

3.5 Familia Culicidae

Son los mosquitos verdaderos. Esta familia es un abundante y bien estudiado grupo de dípteros. Sus estadios larvales son acuáticos, y los adultos son fácilmente reconocibles por la característica venación de las alas, las escamas y la proboscis. Los mosquitos son muy importantes para el ser humano, ya que las hembras son hematófagas, y son vectores de transmisión de enfermedades mortales. Los huevos son puestos cerca de cuerpos de agua, ya sea individualmente en la superficie del agua (*Anopheles*), en “balsas” (*Culex*) o cerca del agua (*Aedes*). Las larvas de la mayoría de especies se alimentan de materia orgánica o algas, pero algunas son depredadoras de otras larvas. Las pupas son acuáticas, y contrario a pupas de otros insectos, estas son activas.

La mayoría de los adultos no se transportan lejos del cuerpo de agua de donde emergieron. Por ejemplo, *Aedes aegypti* no viaja más de 100 metros de donde emergió, aunque hay estudios que indican que las hembras pueden viajar hasta 800 metros para poner sus huevos (Honoro, *et al.*, 2003).

3.6 Género *Aedes*

Es un género que comprende más de 950 especies de mosquitos. Algunos de sus miembros son vector de enfermedades, en ocasiones mortales. Las diferentes especies de mosquitos *Aedes* son nativos de zonas tropicales y templadas, en todo el mundo. Algunas especies se han distribuido más allá de donde sus rangos nativos, ya sea por introducción humana, o por el cambio climático.

Mosquitos *Aedes* adultos se distinguen de otros tipos de mosquitos por su cuerpo angosto y típicamente de color oscuro, por patrones únicos en las escamas oscuras y claras en abdomen y tórax, y por bandas oscuras y claras alternantes en las patas. Las hembras se pueden distinguir por la forma del abdomen, el cual suele terminar en punta, y por sus palpos maxilares que son más cortos que la proboscis. Los mosquitos *Aedes* mantienen el cuerpo bajo y paralelo al suelo, con la proboscis apuntando hacia abajo cuando se posa.

Las hembras depositan huevos de color negro sobre superficies húmedas, que experimentarán inundación, cerca de cuerpos de agua, como pantanos, huecos en los árboles o en plantas. También dejan huevos en estructuras hechas por el hombre, como contenedores plásticos, neumáticos, etcétera. Después de inundarse, los huevos van eclosionando en lotes, en un proceso que puede durar de días a semanas. Los huevos pueden retrasar su desarrollo en respuesta a las condiciones climáticas adversas, y mantenerse viables por meses, proceso conocido como diapausa. (Tauber, y Tauber, 1986).

Las larvas del género *Aedes* son acuáticas, y están típicamente colgando de cabeza en ángulo con la superficie del agua, usando una estructura respiratoria llamada sifón para

tomar oxígeno por encima de la superficie. La larva pasa por cuatro etapas o instars. Los mosquitos suelen alimentarse durante el día, con pico de actividad al amanecer y al atardecer. Únicamente las hembras son hematófagas, y éstas pueden alimentarse de la sangre de seres humanos (Rogers, 2016).

3.6.1 *Aedes aegypti*

El mosquito *Ae. aegypti*, también conocido como mosquito de la fiebre amarilla, es el vector que transmite dengue, chikungunya, fiebre amarilla y otras enfermedades (Morrison, 2008). Este mosquito puede ser reconocido por las marcas blancas en las patas y por la marca de lira que en la parte superior del tórax. Este mosquito se originó en África (Mousson, 2005), pero actualmente se encuentra en zonas tropicales, subtropicales y templadas alrededor del mundo (Womack, 1993; Eisen y Moore, 2013).

Sólo la hembra se alimenta de sangre, la cual necesita para que maduren sus huevos. Para encontrar un huésped, estos mosquitos son atraídos por los compuestos químicos emitidos por los mamíferos, incluidos el amoníaco, el dióxido de carbono, el ácido láctico y el octenol (O'Brien, 2010).

La distribución del mosquito *Ae. aegypti* ha aumentado en las últimas tres décadas en todo el mundo, y se considera una de las especies de mosquitos más extendidas en el planeta. (Kraemer, *et al.*, 2015)

3.6.2 Factores climáticos

El mosquito *Ae. aegypti* necesita ciertas condiciones climáticas para poder desarrollarse. La temperatura y el nivel de precipitaciones son críticas para esta especie.

Varios estudios han demostrado que la abundancia de mosquitos *Aedes* se ve afectada por la temperatura del aire y la lluvia (Mellor y Leake, 2000). Se ha encontrado que las variaciones en el clima pueden inducir grandes variaciones en poblaciones modeladas de *Ae. aegypti* a escala global (Hopp y Foley, 2003). Las asociaciones en conjunto entre la

temperatura, humedad relativa y precipitación en la transmisión del dengue, son fuertes y consistentes (Cassab, 2011).

La relación entre el desarrollo del mosquito y la temperatura es una de las claves para comprender la dinámica actual y futura, y la distribución de las enfermedades transmitidas por vectores (Paaijmans, *et al.*, 2011).

Stein y colaboradores (2005) demostraron en un estudio la correlación entre la oviposición y las precipitaciones, pues los períodos de mayor actividad de *Ae. aegypti* ocurrieron en el final de la primavera, comienzos del verano y en el inicio del otoño. García y García (2011), encontraron que los valores de mayor asociación de las correlaciones entre la abundancia poblacional de hembras se obtuvieron con la mayor precipitación y con la temperatura promedio, a cero meses de retraso. También encontraron que la mayor actividad de apareamiento y ovipostura de *Ae. aegypti* se observa a temperaturas de 29°C y 30°C, lo que sugiere que esta es óptima para la actividad reproductiva del insecto. Por otro lado, Micieli y colaboradores (2006) encontraron que temperaturas bajas de 13°C a 15°C no tuvieron correlación significativa con el mosquito.

LITERATURA CITADA

- Alphey, L. (2014). Genetic Control of Mosquitoes. In M. R. Berenbaum (Ed.), *Annual Review of Entomology, Vol 59, 2014* (Vol. 59, pp. 205-224). Palo Alto: Annual Reviews.
- Barrera, R. (2011). Spatial stability of adult *Aedes aegypti* populations. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 85(6), 1087-1092.
- Brown, B., Borkent, A., Cumming, J., Wood, D., Woodley, N. y Zumbado M. (Eds). 2009. Manual of Central American Diptera: Volume I. NRC Research Press Ottawa, Ontario. Canada. 714 p.
- Calisher, C. H. (2005). Persistent emergence of Dengue. *Emerging Infectious Diseases*, 11(5), 738-739.
- Calvo, E. P., Sanchez-Quete, F., Duran, S., Sandoval, I., & Castellanos, J. E. (2016). Easy and inexpensive molecular detection of dengue, chikungunya and zika viruses in febrile patients. *Acta Tropica*, 163, 32-37. doi:10.1016/j.actatropica.2016.07.021
- Carpenter, S. J., & LaCasse, W. J. (1965). *Mosquitoes of North America*: Univ of California Press.
- Cassab, A., Morales, V., & Mattar, S. (2011). Climatic factors and cases of dengue in Monteria, Colombia: 2003-2008. *Revista de Salud Pública*, 13(1), 115-128.
- Cigarroa-Toledo, N., Blitvich, B. J., Cetina-Trejo, R. C., Talavera-Aguilar, L. G., Baak-Baak, C. M., Torres-Chable, O. M., Machain-Williams, C. (2016). Chikungunya Virus in Febrile Humans and *Aedes aegypti* Mosquitoes, Yucatan, Mexico. *Emerging Infectious Diseases*, 22(10), 1804-1807. doi:10.3201/eid2210.152087
- Díaz-Quinonez, J. A., Ortiz-Alcántara, J., Fragoso-Fonseca, D. E., Garcés-Ayala, F., Escobar-Escamilla, N., Vázquez-Pichardo, M., López-Martínez, I. (2015). Complete genome sequences of chikungunya virus strains isolated in Mexico: first detection of imported and autochthonous cases. *Genome announcements*, 3(3), e00300-00315.
- Eisen, L., & Moore, C. G. (2013). *Aedes* (Stegomyia) *aegypti* in the continental United States: a vector at the cool margin of its geographic range. *Journal of medical entomology*, 50(3), 467-478.
- Foley, D. H., Rueda, L. M., & Wilkerson, R. C. (2007). Insight into global mosquito biogeography from country species records. *Journal of Medical Entomology*, 44(4), 554-567. doi:10.1603/0022-2585(2007)44[554:iigmbf]2.0.co;2

- García, C., García, L., Espinosa-Carreón, L., & Ley, C. (2011). Abundancia y distribución de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) y dispersión del dengue en Guasave Sinaloa, México. *Revista de Biología Tropical*, 59(4), 1609-1619.
- Getis, A., Morrison, A. C., Gray, K., & Scott, T. W. (2010). Characteristics of the spatial pattern of the dengue vector, *Aedes aegypti*, in Iquitos, Peru. In *Perspectives on Spatial Data Analysis* (pp. 203-225). Springer Berlin Heidelberg.
- Gomez-Dantés, H., & Willoquet, J. R. (2009). Dengue in the Americas: challenges for prevention and control. *Cadernos De Saude Publica*, 25, S19-S31.
- Grech, M. G., Ludueña-Almeida, F., & Almirón, W. R. (2010). Bionomics of *Aedes aegypti* subpopulations (Diptera: Culicidae) from Argentina. *Journal of Vector Ecology*, 35(2), 277-285.
- Gullan P. y Cranston P. (2014) The Insects. An outline of entomology. 5° edición. Wiley Blackwell.
- Guzmán, M. G., García, G., & Kourí, G. (2006). El dengue y el dengue hemorrágico: prioridades de investigación.
- Guzmán, M. G., & Kouri, G. (2002). Dengue: an update. *The Lancet infectious diseases*, 2(1), 33-42.
- Harrington, I. C., Scott, T. W., Lerdthusnee, K., Coleman, R. C., Costero, A., Clark, G. G., . . . Edman, J. D. (2005). Dispersal of the dengue vector *Aedes aegypti* within and between rural communities. *The American Journal of Tropical Medicine and Hygiene*, 72(2), 209-220. doi:<https://doi.org/10.4269/ajtmh.2005.72.209>
- Hernández-Ortiz, V., Delfín-González, H., Escalante-Tio, A., & Manrique-Saide, P. (2006). Hymenopteran parasitoids of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared from different hosts in Yucatan, Mexico. *Florida entomologist*, 89(4), 508-515.
- Honório, N. A., Silva, W. D. C., Leite, P. J., Gonçalves, J. M., Lounibos, L. P., & Lourenço-de-Oliveira, R. (2003). Dispersal of *Aedes aegypti* and *Aedes albopictus* (Diptera: Culicidae)
- Hopp, M. J., & Foley, J. A. (2003). Worldwide fluctuations in dengue fever cases related to climate variability. *Climate Research*, 25(1), 85-94.
- Ibáñez-Bernal, S., Strickman, D., & Martínez-Campos, C. (1996). Culicidae (Diptera). *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, 591-602.

- Islebe, G. A., Calmé, S., León-Cortés, J. L., & Schmook, B. (Eds.). (2015). *Biodiversity and Conservation of the Yucatán Peninsula*. Springer.
- Kloter, K. O., Bowman, D. D., & Carroll, M. K. (1983). Evaluation of some ovitrap materials used for *Aedes-aegypti* surveillance. *Mosquito News*, 43(4), 438-441.
- Kraemer, M. U., Sinka, M. E., Duda, K. A., Mylne, A. Q., Shearer, F. M., Barker, C. M., ... & Hendrickx, G. (2015). The global distribution of the arbovirus vectors *Aedes aegypti* and *Ae. albopictus*. *elife*, 4.
- Llorente-Bousquets, J., y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota, en Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad. Conabio, México, pp. 283-322.
- Manrique-Saide, P. y González, A. 2010. Moscas y Mosquitos En: Durán R. y M. Méndez (Eds). Biodiversidad y Desarrollo Humano en Yucatán. CICY, PPD-FMAM, CONABIO, SEDUMA. 496 p.
- Manrique-Saide, P., Ibáñez-Bernal, S., & Rodríguez-Vivas, I. (2005). Biología y control de moscas hematófagas de los animales domésticos. *Enfermedades de importancia económica en producción animal. México (DF): UADY-Mc Graw Hill*, 593-627.
- McAlpine, J. F. y Wood, D. (eds.). 1989. Manual of Nearctic Diptera Volume 3. Ottawa, Research Branch Agriculture Canada. 1581 p.
- Mellor, P. S., & Leake, C. J. (2000). Climatic and geographic influences on arboviral infections and vectors. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 19(1), 41-60.
- Micieli, M. V., García, J. J., Achinelly, M. F., & Martí, G. A. (2006). Dinámica poblacional de los estadios inmaduros del vector del dengue *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae): un estudio longitudinal (1996-2000). *Revista de biología tropical*, 54(3), 979-983.
- Molles, M. C. (2016). *Ecology: Concepts and applications*. Boston: WCB/McGraw-Hill.
- Morón, M. y Terrón, R. 1988. Entomología Práctica. Instituto de Ecología A. C. México, D. F. 504 p.
- Morón, M. y Valenzuela-González, J. 1993. Estimación de la biodiversidad de insectos en México; análisis de un caso. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural*. 44:303-312.

- Morrison, A. C., Zielinski-Gutierrez, E., Scott, T. W., & Rosenberg, R. (2008). Defining challenges and proposing solutions for control of the virus vector *Aedes aegypti*. *PLoS medicine*, 5(3), e68.
- Mousson, L., Dauga, C., Garrigues, T., Schaffner, F., Vazeille, M., & Failloux, A. B. (2005). Phylogeography of *Aedes* (Stegomyia) *aegypti* (L.) and *Aedes* (Stegomyia) *albopictus* (Skuse)(Diptera: Culicidae) based on mitochondrial DNA variations. *Genetics Research*, 86(1), 1-11.
- Nájera-Vazquez, R., Dzul, F., Sabido, M., Tun-Ku, E., & Manrique-Saide, P. (2004). New distribution records of mosquitoes (Diptera: Culicidae) for Yucatan, Mexico. *Entomological News*, 115(4), 181-190.
- Nathan, M., & Dayal-Drager, R. (2006). Recent epidemiological trends, the global strategy and public health advances in dengue. *Report on Dengue*, 30-34.
- Nelson, M. J. (1986). *Aedes aegypti*: biología y ecología.
- O'Brien, D. (2010). ARS Study Provides a Better Understanding of How Mosquitoes Find a Host. *US Department*, March, 9.
- Ødegaard, F. (2000). How many species of arthropods? Erwin's estimate revised. *Biological Journal of the Linnean Society*, 71(4), 583-597.
- Odum, E. P., Ortega, A., & Teresatr, M. (2006). *Fundamentos de ecología* (No. 574.5 O35).
- Otero, M., Solari, H. G., & Schweigmann, N. (2006). A stochastic population dynamics model for *Aedes aegypti*: formulation and application to a city with temperate climate. *Bulletin of mathematical biology*, 68(8), 1945-1974.
- Organization, W. H. (2007). Report of the Scientific working Group meeting on dengue.
- Ortega-Hernández, J. (2016). Making sense of 'lower' and 'upper' stem group Euarthropoda, with comments on the strict use of the name Arthropoda von Siebold, 1848. *Biological Reviews*, 91(1), 255-273.
- Paaijmans, K. P., Imbahale, S. S., Thomas, M. B., & Takken, W. (2010). Relevant microclimate for determining the development rate of malaria mosquitoes and possible implications of climate change. *Malaria journal*, 9(1), 196.
- Pape, T. y Thompson, F. C. 2013. Systema Dipterorum. The Biosystematic Database of World Diptera. Versión 1.5. Recuperado el 2 abril, 2017 de: <http://www.diptera.org/>.

- Pechenik J. (2015) Biology of the invertebrates. 7° edición. McGraw-Hill.
- Pinkus Rendón, M. Á. (2010). El hombre y los artrópodos: un vínculo inalienable. *Península*, 5(2), 81-100.
- Rivera-Ávila, R. C. (2014). Fiebre chikungunya en México: caso confirmado y apuntes para la respuesta epidemiológica. *Salud pública de México*, 56(4), 402-404.
- Rodhain, F. (1997). Mosquito vectors and dengue virus-relationships. *Dengue and Dengue Hemorrhagic Fever*, 45-60.
- Rodriguez, G. A., Aybar, C. A. V., Claps, G. L., & de Grosso, M. S. L. (2015). Seasonal oviposition activity of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in San Miguel de Tucuman, northwestern Argentina. *Florida Entomologist*, 98(4), 1241-1243.
- Rogers K. (2016). *Aedes*. Encyclopedia Britannica Inc.. Recuperado el 7 de abril 2017 de: <https://www.britannica.com/animal/Aedes>
- Rossi, G., & Almirón, W. (2004). Clave ilustrada para la identificación de larvas de mosquitos de interés sanitario encontradas en criaderos artificiales en la Argentina. *Buenos Aires: Fundación Mundo Sano*.
- Sallent, L. V., Diez, S. R., & Rivas, G. F. (2016). Zika virus infection or the future of infectious diseases. *Medicina Clinica*, 147(7), 300-305. doi:10.1016/j.medcli.2016.03.012
- Secretaría de Salud. Programa de Acción Específico 2007-2012 Dengue [monografía en internet]. México: Secretaría de Salud, 2008 [consultado en marzo de 2017]. Disponible en: <http://www.cenaprece.salud.gob.mx/descargas/pdf/dengue.pdf>
- Secretaría de Salud. Guía de Participación Comunitaria para la prevención y control del dengue, [monografía en internet]. México: Secretaría de Salud, 2015 [consultado en marzo de 2017]. Disponible en: http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/descargas/pdf/guia_patio_limpio.pdf.
- Silver, J. Service MW: Mosquito ecology: field sampling methods. 2008. In: London: Springer View Article Google Scholar.
- Smith, T. M., & Smith, R. L. (2015). *Elements of ecology* (No. 574.5 S662el9). Pearson.
- Stein, M., Oria, G. I., Almirón, W. R., & Willener, J. A. (2005). Fluctuación estacional de *Aedes aegypti* en Chaco, Argentina. *Revista de Saúde Pública*, 39, 559-564.

- Suaya, J. A., Shepard, D. S., Chang, M. S., Caram, M., Hoyer, S., Socheat, D., . . . Nathan, M. B. (2007). Cost-effectiveness of annual targeted larviciding campaigns in Cambodia against the dengue vector *Aedes aegypti*. *Tropical Medicine & International Health*, 12(9), 1026-1036. doi:10.1111/j.1365-3156.2007.01889.x
- Tauber, M. J., Tauber, C. A., & Masaki, S. (1986). *Seasonal adaptations of insects*. Oxford University Press on Demand.
- Tejerina, E. F., Almeida, F. F. L., & Almirón, W. R. (2009). Bionomics of *Aedes aegypti* subpopulations (Diptera: Culicidae) from Misiones province, northeastern Argentina. *Acta tropica*, 109(1), 45-49.
- Thompson, J. N. (1994). *The coevolutionary process*. University of Chicago Press.
- Triplehorn, C. A., & Johnson, N. F. (2005). Study of insects. *United States of America*, Thomson Brooks.
- Vazquez-Prokopec, G. M., Galvin, W. A., Kelly, R., & Kitron, U. (2009). A new, cost-effective, battery-powered aspirator for adult mosquito collections. *Journal of medical entomology*, 46(6), 1256-1259.
- Vezzani, D., & Carbajo, A. E. (2008). *Aedes aegypti*, *Aedes albopictus*, and dengue in Argentina: current knowledge and future directions. *Memorias do Instituto Oswaldo Cruz*, 103(1), 66-74.
- Vorou, R. (2016). Zika virus, vectors, reservoirs, amplifying hosts, and their potential to spread worldwide: what we know and what we should investigate urgently. *International Journal of Infectious Diseases*, 48, 85-90.
- Yeates, D. K., Wiegmann, B. M., Courtney, G. W., Meier, R., Lambkin, C., & Pape, T. (2007). Phylogeny and systematics of Diptera: two decades of progress and prospects. *Zootaxa*, 1668(1), 565-590.
- Zapata-Peniche, A., Manrique-Saide, P., Rebollar-Téllez, E. A., Che-Mendoza, A., & Dzul-Manzanilla, F. (2007). Identificación de larvas de mosquitos (Diptera: Culicidae) de Mérida, Yucatán, México y sus principales criaderos. *Rev Biomed*, 18(1), 3-17.

1 **Dinámica poblacional de *Aedes aegypti* (Diptera: culicidae) en cuatro localidades de**
2 **Yucatán.**

3 **Population dynamic of *Aedes aegypti* (Diptera: culicidae) in four localities of Yucatan.**

4 Juan Manuel Chávez Trava^a, Abdiel Martín Park^{b*}, Pablo Manrique Saide^c, Hugo Delfín
5 González^d, Gabriela Olvera Gonzalez^e, Jorge Leirana Alcocer^f.

6 ^a Unidad Colaborativa de Bioensayos Entomológicos, Universidad Autónoma de Yucatán.

7 Carretera Mérida-Xmatkuil Km. 15.5. jm_chavez_trava@gmail.com

8 ^{*b} CONACYT- Unidad Colaborativa de Bioensayos Entomológicos. ampark27@gmail.com

9 ^c Unidad Colaborativa de Bioensayos Entomológicos, Universidad Autónoma de Yucatán.

10 Carretera Mérida-Xmatkuil Km. 15.5. pablo_manrique2000@hotmail.com

11 ^d Unidad de Posgrado Institucional, Universidad Autónoma de Yucatán. Carretera Mérida-
12 Xmatkuil Km. 15.5 gdelfin@correo.uady.mx

13 ^e Unidad Colaborativa de Bioensayos Entomológicos, Universidad Autónoma de Yucatán.

14 Carretera Mérida-Xmatkuil Km. 15.5. gabygzzo@gmail.com

15 ^f Unidad Colaborativa de Bioensayos Entomológicos, Universidad Autónoma de Yucatán.

16 Carretera Mérida-Xmatkuil Km. 15.5. jleirana@correo.uady.mx

17

18

19

20 **Resumen**

21 El presente trabajo describe la dinámica poblacional de *Aedes aegypti* en cuatro localidades
22 de Yucatán, durante un año. Se estimó la abundancia relativa de este insecto, así como los
23 cambios temporales y espaciales de sus poblaciones. También se describe de manera
24 independiente la abundancia y estacionalidad de hembras alimentadas, hembras no
25 alimentadas, y machos. Para la colecta de huevos se usaron ovitrampas, y para la colecta de
26 adultos BG-Sentinel traps. Las cuatro localidades fueron Molas, Hacienda Tahdzibichén,
27 San Pedro Chimay y Tekik de Regil. Las cuatro son similares en tamaño, y cumplen con un
28 aislamiento relativo que evitara migraciones del mosquito, lo cual las hizo candidatas
29 ideales para el trabajo. La identificación de individuos se hizo con microscopio
30 estereoscópico, y los análisis estadísticos y gráficos se realizaron con el programa R. Se
31 detectó que en las cuatro localidades, los aumentos o disminuciones en la cantidad de
32 huevos y de adultos, fueron directamente proporcionales a las precipitaciones. Este trabajo
33 servirá como base para medir eficacia y éxito de estrategias de control de vectores.

34 Palabras Clave: Mosquitos, abundancia, temperatura, precipitación, Yucatán.

35

36 **Abstract**

37 The present work describes the population dynamics of *Aedes aegypti* in four localities of
38 Yucatan, during a year. The relative abundance was estimated, as well as temporary and spatial
39 changes. It is also independently described, the abundance of bloodfed female, nonfed female and
40 males. The egg samplings were made using ovitraps, and for the adult collection, BG-Sentinel traps
41 were used. The localities were Molas, Hacienda Tahdzibichen, San Pedro Chimay and Tekik de Regil.

They were chosen because of its similar human population and its isolation. We identify mosquitos up to species level using a stereoscope. Statistics analysis and graphics were made with R. We found in the four localities that increases and decreases in eggs and adults followed rain levels. This results will serve as a basis for comparing with future vector control strategies and measure its success.

Keywords: Mosquitoes, abundance, temperature, rain, Yucatan.

Introducción

El mosquito *Ae. aegypti* es una especie de las regiones tropicales y subtropicales del globo, generalmente dentro de los límites de 35° de latitud norte y 35° de latitud sur que corresponden a una isotérmica de 10 °C. Aun cuando el mosquito se ha encontrado hasta los 45° de latitud norte, estas invasiones, que ocurren durante la estación cálida, no sobreviven el invierno (Nelson, 1986).

En regiones tropicales y subtropicales la distribución estacional de los mosquitos típicamente sigue los patrones de precipitaciones, mientras que en regiones templadas la población está regulada por la duración y la intensidad del invierno, niveles de precipitación y temperatura (Rossi y Almirón, 2004). Localmente, los números de esta especie pueden variar sustancialmente a corta distancia, dependiendo de la disponibilidad de sitios para poner sus huevos (Getis et al., 2013), lo cual está influenciado por el ser humano (Barrera, 2011).

Esta especie destaca en el interior de las viviendas por sus hábitos antropofílicos (Manrique-Saide et al., 2005). Los criaderos más importantes están en los

patios de las viviendas, los cuales se llenan principalmente con agua de lluvia (Hernández-Ortiz et al., 2006).

El dengue, chikungunya y zika, comparten al mismo vector: el mosquito *Ae. aegypti* (Calvo et al., 2016). El severo impacto socioeconómico de estas enfermedades está siendo cada vez mejor documentado (Suaya et al., 2007). En México, las acciones para controlar las poblaciones de *Ae. aegypti* se sustentan en a) el control químico de los estados inmaduros y la eliminación física de los criaderos (campañas de descacharrización); b) el control químico de los mosquitos adultos mediante insecticidas en tratamientos espaciales y rociado intradomiliario focal, y c) estrategias de promoción de la salud y participación comunitaria Patio limpio y cuidado del agua almacenada (SSA, 2008, 2014).

Aedes aegypti se cría en cuerpos de agua almacenada en distintos tipos de contenedores dentro y alrededor de las viviendas humanas. Un método de control apropiado es la eliminación de las fuentes de agua y criaderos, para lo que se ha recomendado el manejo ambiental permanente, que tiene como objetivo modificar físicamente el entorno donde se desarrolla y vive el mosquito para prevenir y minimizar la propagación del dengue a través del contacto vector-humano. Trabajos de dinámica poblacional de esta especie se han llevado a cabo en el continente americano (Rodríguez et al., 2015) y en México (García et al., 2011), con la finalidad de conocer los patrones estacionales que sigue esta especie.

En el presente trabajo se realizó un monitoreo para conocer la dinámica poblacional de *Ae. aegypti* en Hacienda Tahdzibichén, San Pedro Chimay, Tekik de Regil y Molas, localidades de Yucatán. Los resultados servirán como base para medir la efectividad de futuras estrategias de control de vectores.

86 **Materiales y métodos**

87 *Área de estudio.* Se seleccionaron las siguientes localidades al sur de Mérida,
88 Yucatán; Molas, Tahdzibichén, San Pedro Chimay y Tekik de Regil. La colecta de huevos
89 se realizó con 100 ovitrampas por localidad de enero del 2017 a abril del 2018, y la de
90 adultos con 25 BG-Sentinel traps por localidad de mayo del 2017 a Abril del 2018. Las
91 localidades del estudio presentan un clima cálido subhúmedo con lluvias en verano o
92 Aw“o(x’) (i)g de acuerdo con la clasificación de Köppen modificada por García y
93 colaboradores. (1989). La temperatura media anual es de 24.1 °C, la temperatura máxima
94 promedio es alrededor de 36°C y se presenta en el mes de mayo, la temperatura mínima
95 promedio es de 16°C y se presenta en el mes de enero. La precipitación media estatal es de
96 1100 mm anuales, las lluvias se presentan en verano en los meses de junio a octubre.
97 (INEGI, 2010).

98 Las cuatro localidades son óptimas para un muestreo de este tipo, ya que
99 cuentan con un aislamiento relativo de otras comunidades, pues el mosquito *Ae. aegypti* no
100 suele volar a más de 100 metros de distancia (Harrington et al., 2005). Se les puede
101 considerar poblaciones cerradas, ya que entre cada una de las localidades, hay un mínimo
102 de 2 kilómetros.

103 Molas, Hacienda Tahdzibichén y San Pedro Chimay son comisarías de la
104 ciudad de Mérida, capital del Estado de Yucatán. Tekik de Regil es comisaría del municipio
105 de Timucuy. Según el último censo del 2010, Molas cuenta con 1859 habitantes,
106 Tahdzibichén 724, San Pedro Chimay 1241 y Tekik de Regil 1847.

Base de datos. Con la información de la colecta de los muestreos semanales de huevos y adultos, se construyeron dos bases de datos separadas, uno para huevos y otro para adultos. Una tercera base se construyó con los datos climáticos de temperatura y humedad proporcionados por CONAGUA.

Cambios temporales de la prevalencia y abundancia de huevos y adultos. Para describir y evaluar los cambios temporales de la abundancia y prevalencia de *Ae. aegypti* durante el año de colecta en las cuatro localidades, los datos de la positividad y número promedio de huevos y adultos (total de abundancia, total de hembras alimentadas y total de machos) se realizó un gráfico lineal con la abundancia de *Ae. aegypti* representada en el eje de las ordenadas (y) y el tiempo de colecta en el eje de la abscisas (x).

Variación espacial de la prevalencia y abundancia de huevos y adultos. Los datos de las coordenadas geográficas en grados decimales (longitud y latitud) de cada ovitrampa de las cuatro localidades fueron visualizados en un mapa digital obtenido de Google (Imagery©2018, CNES/Airbus, DigitalGlobe). Dos grupos de mapas fueron contruidos para cada localidad, un mapa para la prevalencia y un mapa para la abundancia. En los primeros, se representaron por semana las ovitrampas positivas y negativas, para observar su variación espacial en la localidad y su variación temporal a lo largo del año de colecta. En el mapa de abundancias, se representaron las ovitrampas negativas, sus percentiles (25%, 50% y 75%) y la densidad de cada ovitrampa por semana.

Resultados

El porcentaje de casas positivas en las cuatro localidades fue alrededor del 40% en época se secas, excepto en Tekik de Regil, donde se observaron valores mayores del

40% al principio del año (Figura 1). Entre las semanas 20 y 23 se observan incrementos del porcentaje de casas positivas en todas las localidades. La mayor cantidad de casas positivas (>60%) se observó entre las semanas 30 a 40 en todas las localidades, posteriormente el porcentaje de casas positivas disminuye paulatinamente.

Abundancia de Huevos. La abundancia de huevos en las cuatro localidades fue menor de 40 huevos por casa en época de secas, pero a partir de la semana 23 se observan incrementos alcanzando picos máximos alrededor de la semana 30 (89 huevos por casa en San Pedro Chimay, 1389 huevos por casa en Tahdzibichén, 150 huevos por casa en Tekik de Regil y 171 huevos por casa en Molas). Posterior a la semana 30, se observan decrementos constantes en el número de huevos por casa. Al final de año se observa que las abundancias de las localidades fueron menores de 40 huevos por casa en las localidades en San Pedro Chimay y Tahdzibichén, pero no en Tekik de Regil ni en Molas.

Prevalencia de huevos. El patrón estacional del porcentaje de casas positivas en las cuatro localidades fue similar en ambas temporadas. El porcentaje de casas positivas fue menor del 50% en época de secas, al principio de la época de lluvias se incrementó hasta el 80% entre la semana 19 y la semana 25, alcanzando máximos valores en el pico de la temporada de lluvia (alrededor de la semana 30). Posteriormente el porcentaje de casas positivas disminuyó a valores del menos del 20%

Abundancia de adultos. La abundancia total de adultos en las cuatro localidades fue de menos de 25 individuos por casa y la abundancia de hembras alimentadas y la abundancia de machos en las cuatro localidades fue menos de 10 individuos por casa en épocas de secas. A partir de la semana 25 se observan incrementos alcanzando picos

máximos alrededor de la semana 30 solo en las localidades de San Pedro Chimay y Hacienda Tahdzibichén. Los picos más pronunciados se observan en las localidades de San Pedro Chimay y Hacienda Tahdzibichén en los tres indicadores. Posterior a la semana 30, se observan decrementos constantes en el número de adultos por casa. Al final de año se observa que las abundancias de las localidades fueron similares o iguales a las abundancias observadas de la semana 1-25.

Distribución espacial de la prevalencia de huevos. En la época de secas, se observa una dominancia de las ovitrampas negativas (número de ovitrampas negativas fue mayor que el número de ovitrampas positivas). En la figura 5 se observan más puntos rojos que azules y una positividad menor del 40%. A partir de la semana 25 a la semana 40, se observa que el número de ovitrampas positivas y negativas distribuidas en la localidad de Molas fue diferente, observándose un patrón de dominancia de las ovitrampas positivas y un positividad mayor al 80%. Al final del año la cantidad de ovitrampas negativas se incrementa y no se observa un patrón de dominancia entre ovitrampas positivas y negativas. Un patrón similar se observa en San Pedro Chimay (Figura 6), Tekik de Regil (Figura 7) y Hacienda Tahdzibichén (Figura 8).

Distribución espacial de la densidad de huevos. En la figuras 9-12 se presenta la distribución espacial de las ovitrampas negativas, los percentiles (25%, 50 % y 75) y el número de huevos por ovitrampa en la localidad de Molas (Figura 9). El patrón temporal de la densidad fue similar al patrón temporal de la positividad de huevos en las cuatro localidades. En las cuatro localidades se observó la mayor cantidad de huevos entre la semana 26 y la semana 40; y la abundancia se distribuyó en toda la localidad (Figura 9-12).

Discusión

Factores meteorológicos como temperatura, lluvia y la humedad pueden influir en el desarrollo de mosquitos, el crecimiento de la población, y las interacciones entre los mosquitos y los humanos (Jetten y Focks, 1997). Se ha demostrado que las lluvias y las inundaciones son factores importantes para que las hembras de *Aedes aegypti* tengan sitios de reproducción apropiados de *Ae. aegypti*, lo que aumenta la densidad de mosquitos (Lindsay y Mackenzie, 1997) En las cuatro localidades se encontró que tanto la positividad de las casas, como el número neto de huevos y adultos aumentó, con un retraso de una semana a partir de que empiezan las lluvias. La cantidad de huevos aumentó drásticamente una semana posterior al inicio de lluvias, lo cual concuerda con Silva y colaboradores, que usando el método de ovitrampas, demostraron en Brasil que la densidad de población de mosquitos está directamente influenciada por las variables climáticas, y que actuaban como factor limitante (Silva et al., 2018).

Estallo y colaboradores (2015) encontraron en un estudio en Argentina que las variables más importantes que influyen en las poblaciones de *Ae. aegypti* fueron la temperatura mínima y el nivel de precipitación. Esto concuerda con lo que dijeron Rosy y Almirón (2004), acerca de las regiones templadas del planeta. En nuestro estudio, realizado en una zona tropical del planeta, la temperatura no parece influir tanto como las precipitaciones, en las abundancias del mosquito.

En Puerto Rico, cuyo clima es similar al de las localidades del estudio, Barrera y colaboradores (2011) evidenciaron efectos significativos de la lluvia, la temperatura y el comportamiento humano en la dinámica temporal de *Ae. aegypti* y dengue en el norte de

Puerto Rico. Miyazaki y colaboradores (2009) concluyeron en que la lluvia fue el único factor abiótico que influyó en el nivel de infestación del mosquito, en Brasil, lo cual coincide con las correlaciones hechas en nuestro estudio.

El presente trabajo describe a lo largo de un año el comportamiento del mosquito *Ae. aegypti*, lo cual puede ser la base para futuros trabajos que tengan como objetivo medir la eficacia de cualquier método de control de vectores.

Agradecemos al Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología por el apoyo económico, así como al personal de laboratorio y campo de la Unidad Colaborativa para Bioensayos Entomológicos, quienes fueron vitales en todos los muestreos e identificación de mosquitos.

Referencias

- Barrera, R. (2011). Spatial stability of adult *Aedes aegypti* populations. *The American journal of tropical medicine and hygiene*, 85(6), 1087-1092.
- Biogents (2006) Instruction Manual for the Biogents Sentinel. Consultado el 10 de Marzo del 2017. Disponible en: https://www.bg-sentinel.com/downloads/BG-Sentinel_Manual.pdf
- Carpenter, S. J., & LaCasse, W. J. (1965). *Mosquitoes of North America*: Univ of California Press.

- 215 Calvo, E. P., Sanchez-Quete, F., Duran, S., Sandoval, I., & Castellanos, J. E. (2016). Easy
216 and inexpensive molecular detection of dengue, chikungunya and zika viruses in
217 febrile patients. *Acta Tropica*, 163, 32-37. doi:10.1016/j.actatropica.2016.07.021
- 218 Estallo, E. L., Ludueña-Almeida, F. F., Introini, M. V., Zaidenberg, M., & Almirón, W. R.
219 (2015). Weather variability associated with *Aedes* (Stegomyia) *Aegypti* (Dengue
220 vector) Oviposition dynamics in northwestern Argentina. *PloS one*, 10(5),
221 e0127820.
- 222 García, C., García, L., Espinosa-Carreón, L., & Ley, C. (2011). Abundancia y distribución
223 de *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) y dispersión del dengue en Guasave Sinaloa,
224 México. *Revista de Biología Tropical*, 59(4), 1609-1619.
- 225 García, E., Vidal R. y Hernández M. 1989. Las regiones climáticas de México. En: García
226 de Fuentes, A. (ed.). Atlas Nacional de México, Instituto de Geografía, UNAM,
227 vol. 2, cap. IV, núm. 10, Mapa escala 1:12 000 000.
- 228 Getis, A., Morrison, A. C., Gray, K., & Scott, T. W. (2010). Characteristics of the spatial
229 pattern of the dengue vector, *Aedes aegypti*, in Iquitos, Peru. In *Perspectives on*
230 *Spatial Data Analysis*(pp. 203-225). Springer Berlin Heidelberg.
- 231 Harrington, I. C., scott, t. W., lerdthusnee, k., coleman, r. C., costero, a., clark, g. G., . . .
232 Edman, j. D. (2005). Dispersal of the dengue vector *Aedes aegypti* within and
233 between rural communities. *The American Journal of Tropical Medicine and*
234 *Hygiene*, 72(2), 209-220.

- 235 Hernández-Ortiz, V., Delfín-González, H., Escalante-Tio, A., & Manrique-Saide, P. (2006).
236 Hymenopteran parasitoids of *Anastrepha* fruit flies (Diptera: Tephritidae) reared
237 from different hosts in Yucatan, Mexico. *Florida entomologist*, 89(4), 508-515.
- 238 INEGI (2010) Climatología de México. Consultado el 14 de Mayo del 2018. Disponible en:
239 <http://www.beta.inegi.org.mx/temas/mapas/climatologia/>
- 240 Jetten, T. H., & Focks, D. A. (1997). Potential changes in the distribution of dengue
241 transmission under climate warming. *The American journal of tropical medicine*
242 *and hygiene*, 57(3), 285-297
- 243 Kloter, K. O., Bowman, D. D., & Carroll, M. K. (1983). Evaluation of some ovitrap
244 materials used for *Aedes aegypti* surveillance. *Mosquito News*, 43(4), 438-441.
- 245 Lindsay, M., & Mackenzie, J. (1997). Vector-borne viral diseases and climate change in the
246 Australian region: major concerns and the public health response. *Climate Change*
247 *and Human Health in the Asia-Pacific Region. Sydney: Australian Medical*
248 *Association and Greenpeace International*, 47-62.
- 249 Manrique-Saide, P., Ibáñez-Bernal, S., & Rodríguez-Vivas, I. (2005). Biología y control de
250 moscas hematófagas de los animales domésticos. *Enfermedades de importancia*
251 *económica en producción animal. México (DF): UADY-Mc Graw Hill*, 593-627.
- 252 Miyazaki, R. D., Ribeiro, A. L. M., Pignatti, M. G., Campelo Júnior, J. H., & Pignati, M.
253 (2009). Monitoring of *Aedes aegypti* mosquitoes (Linnaeus, 1762)(Diptera:
254 Culicidae) by means of ovitraps at the Universidade Federal de Mato Grosso

- 255 Campus, Cuiabá, State of Mato Grosso. *Revista da Sociedade Brasileira de*
256 *Medicina Tropical*, 42(4), 392-397.
- 257 Nelson, M. J. (1986). *Aedes aegypti*: biología y ecología.
- 258 Rodriguez, G. A., Aybar, C. A. V., Claps, G. L., & de Grosso, M. S. L. (2015). Seasonal
259 oviposition activity of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae) in San Miguel de
260 Tucuman, northwestern Argentina. *Florida Entomologist*, 98(4), 1241-1243
- 261 Rossi, G., & Almirón, W. (2004). Clave ilustrada para la identificación de larvas de
262 mosquitos de interés sanitario encontradas en criaderos artificiales en la Argentina.
263 *Buenos Aires: Fundación Mundo Sano*.
- 264 Secretaría de Salud (2015) Guía de Participación Comunitaria para la prevención y control
265 del dengue, [monografía en internet]. [Consultado en marzo de 2017]. Disponible
266 en: [http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/descargas/pdf](http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/descargas/pdf/guia_patio_limpio.pdf)
267 [/guia_patio_limpio.pdf](http://www.cenaprece.salud.gob.mx/programas/interior/vectores/descargas/pdf/guia_patio_limpio.pdf).
- 268 Secretaría de Salud (2008) Programa de Acción Específico 2007-2012 Dengue [monografía
269 en internet]. [Consultado en marzo de 2017]. Disponible
270 en: <http://www.cenaprece.salud.gob.mx/descargas/pdf/dengue.pdf>
- 271 Silva, S. O. F., Ferreira de Mello, C., Figueiró, R., de Aguiar Maia, D., & Alencar, J.
272 (2018). Distribution of the Mosquito Communities (Diptera: Culicidae) in
273 Oviposition Traps Introduced into the Atlantic Forest in the State of Rio de
274 Janeiro, Brazil. *Vector-Borne and Zoonotic Diseases*, 18(4), 214-221.

275 Silver, J. Service MW (2008) : Mosquito ecology: field sampling methods.In: London:
276 Springer View Article Google Scholar.

277 Suaya, J. A., Shepard, D. S., Chang, M. S., Caram, M., Hoyer, S., Socheat, D. Nathan, M.
278 B. (2007). Cost-effectiveness of annual targeted larviciding campaigns in
279 Cambodia against the dengue vector *Aedes aegypti*. *Tropical Medicine &*
280 *International Health*, 12(9), 1026-1036. doi:10.1111/j.1365-3156.2007.01889.x

281

282

283

284

285

286

287

288

289

290

291

292

293

294

295

296

297

298

299

Figuras

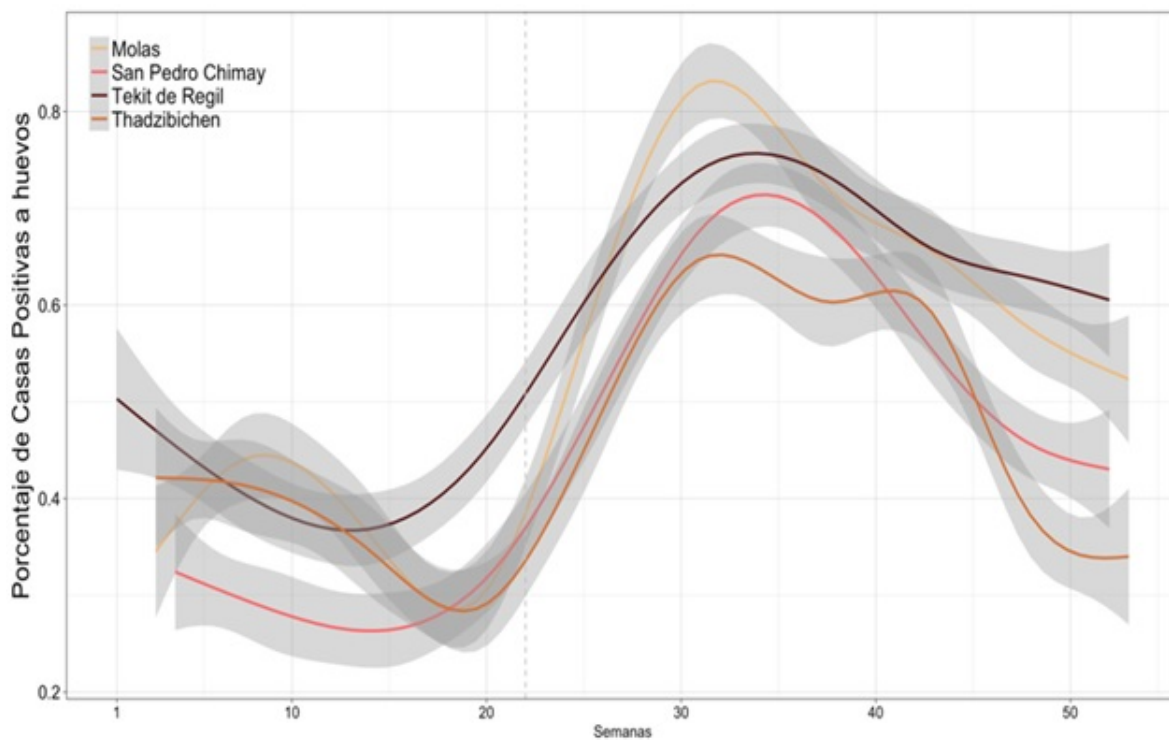


Figura 1. Porcentaje de casas positivas a huevos de *Ae. aegypti* por semana en las cuatro localidades de estudio durante 2017.

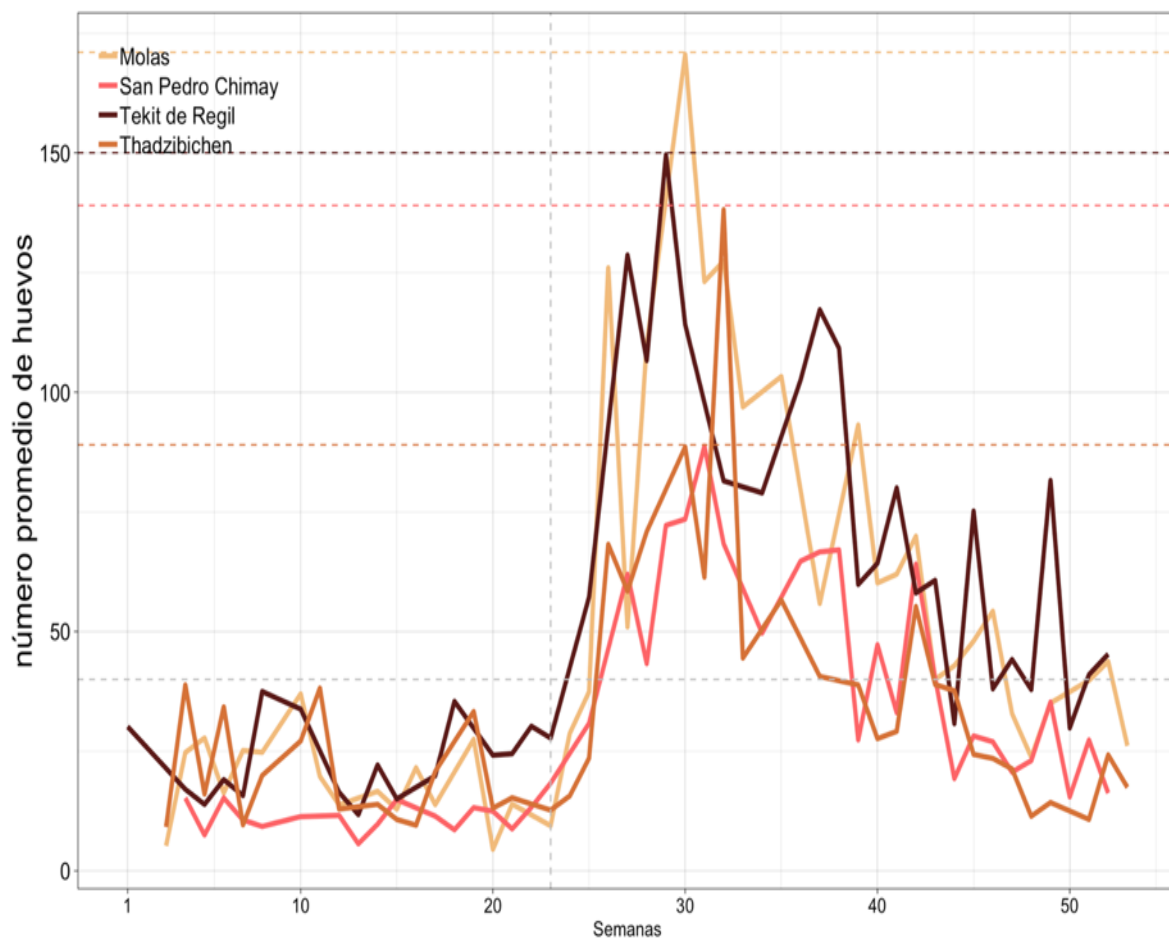


Figura 2. Abundancia de huevos de *Ae. aegypti* por semana en las cuatro localidades de estudio durante el 2017. La línea horizontal y vertical punteada representa el valor de 40 huevos y la semana 23. Las líneas horizontales representan el pico máximo de huevos por localidad apareada con el color correspondiente de cada localidad.

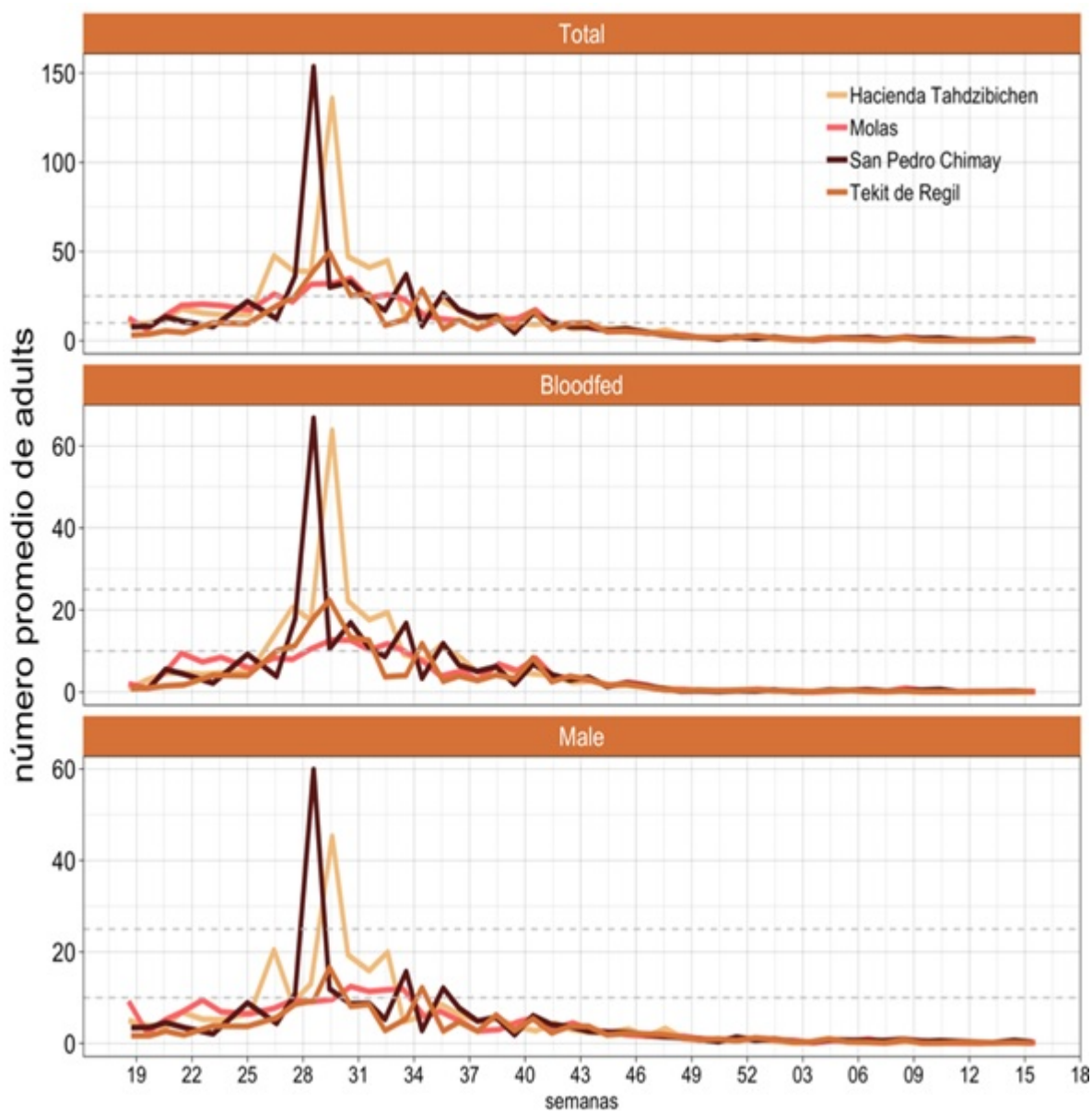


Fig 3. Porcentaje de casas positivas de adultos de *Ae. aegypti* por semana en las cuatro localidades de estudio durante el 2017-2018. Las semanas 19 a 52 corresponden al año 2017 y las semanas 1-15 corresponden al año 2018.

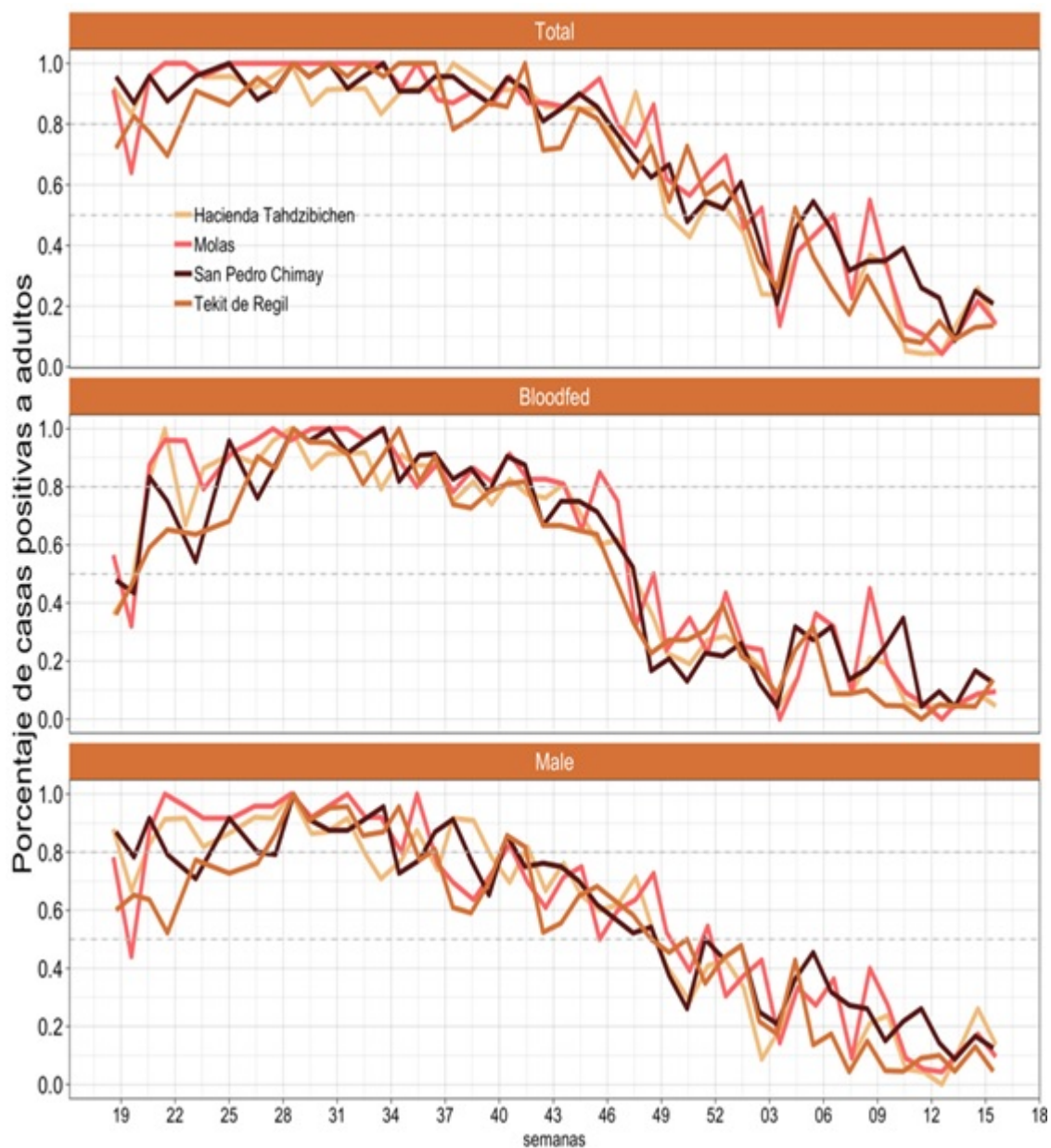


Fig 4. Abundancia de adultos de *Ae. aegypti* por semana en las cuatro localidades de estudio durante el 2017-2018. Las semanas 19 a 52 corresponden al año 2017 y las semanas 1-15 corresponden al año 2018.



Figura 5. Distribución espacial de las casas positivas y negativas a huevos de *Ae. aegypti* por semana en la localidad de Molas. Las ovitrampas negativas y positivas son representadas en verde y rojo respectivamente.

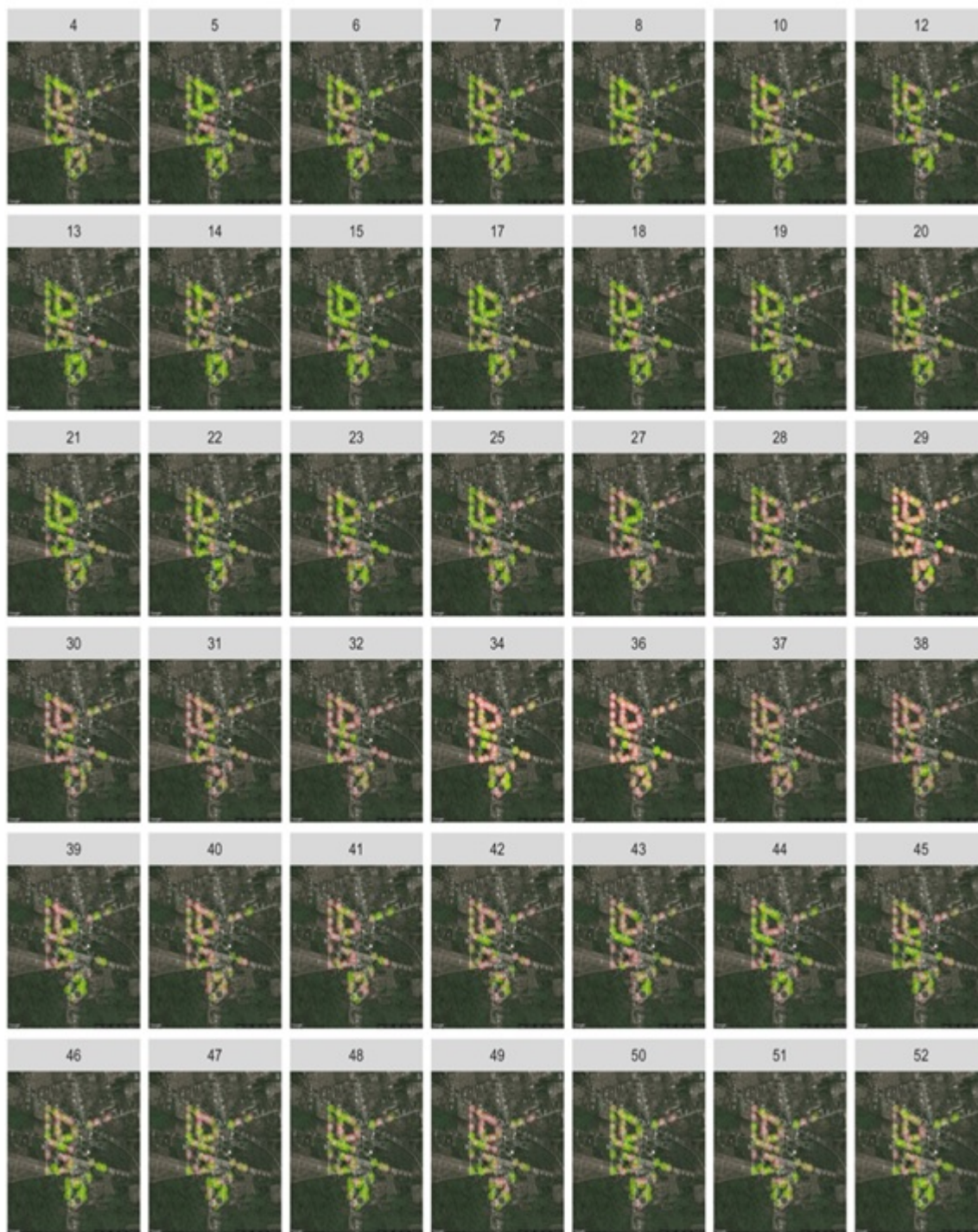
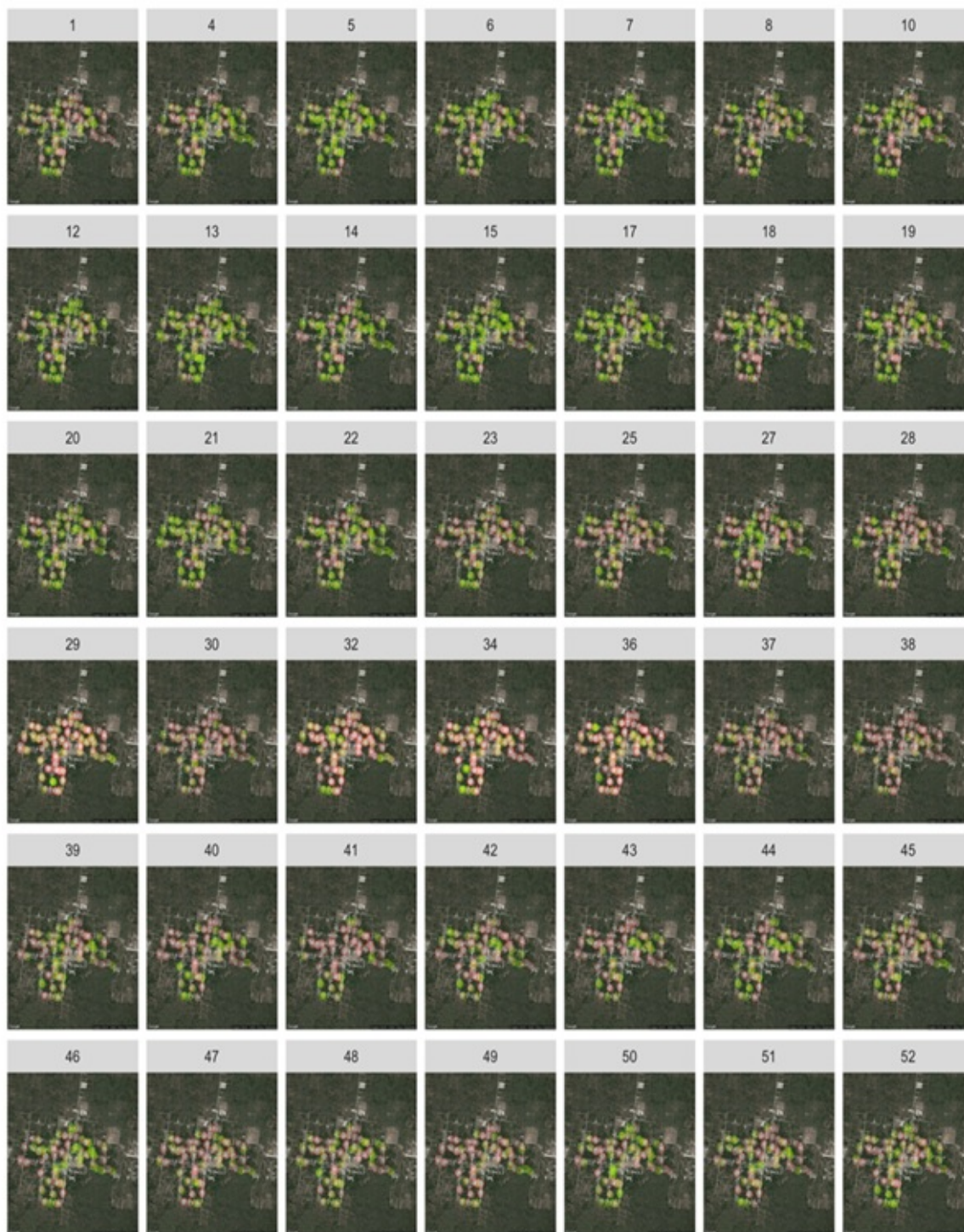


Figura 6. Distribución espacial de las casas positivas y negativas a huevos de *Ae. aegypti* por semana en la localidad de San Pedro Chimay. Las ovitrampas negativas y positivas son representadas en verde y rojo/gris respectivamente.



359

360 Figura 7. Distribución espacial de las casas positivas y negativas a huevos de *Ae. aegypti* por
 361 semana en la localidad de Tekit de Regil. Las ovitrampas negativas y positivas son representadas en
 362 verde y rojo/gris respectivamente.

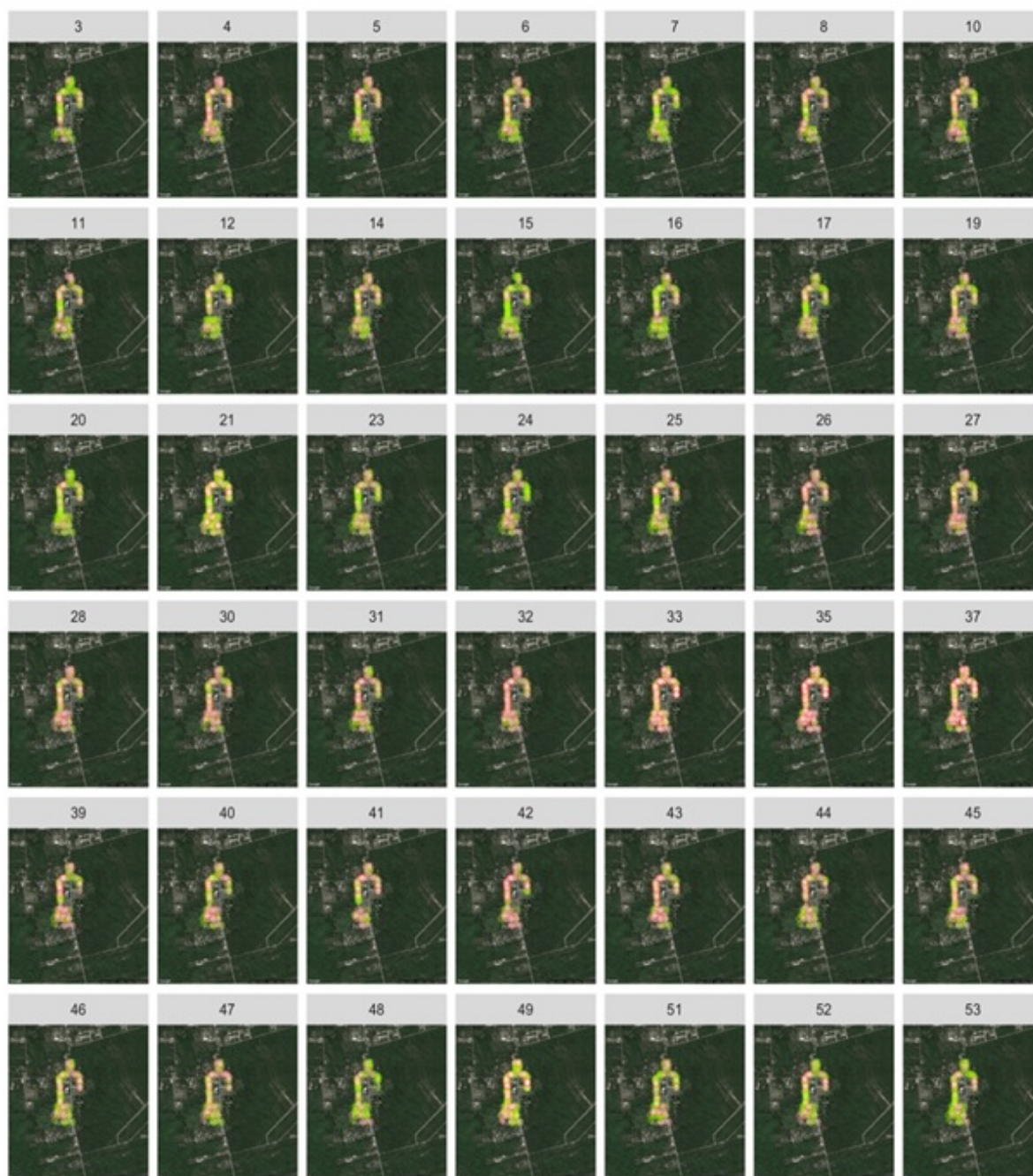


Figura 8. Distribución espacial de las casas positivas y negativas a huevos de *Ae. aegypti* por semana en la localidad de la Hacienda de Tahdzibichén. Las ovitrampas negativas y positivas son representadas en verde y rojo/gris respectivamente.

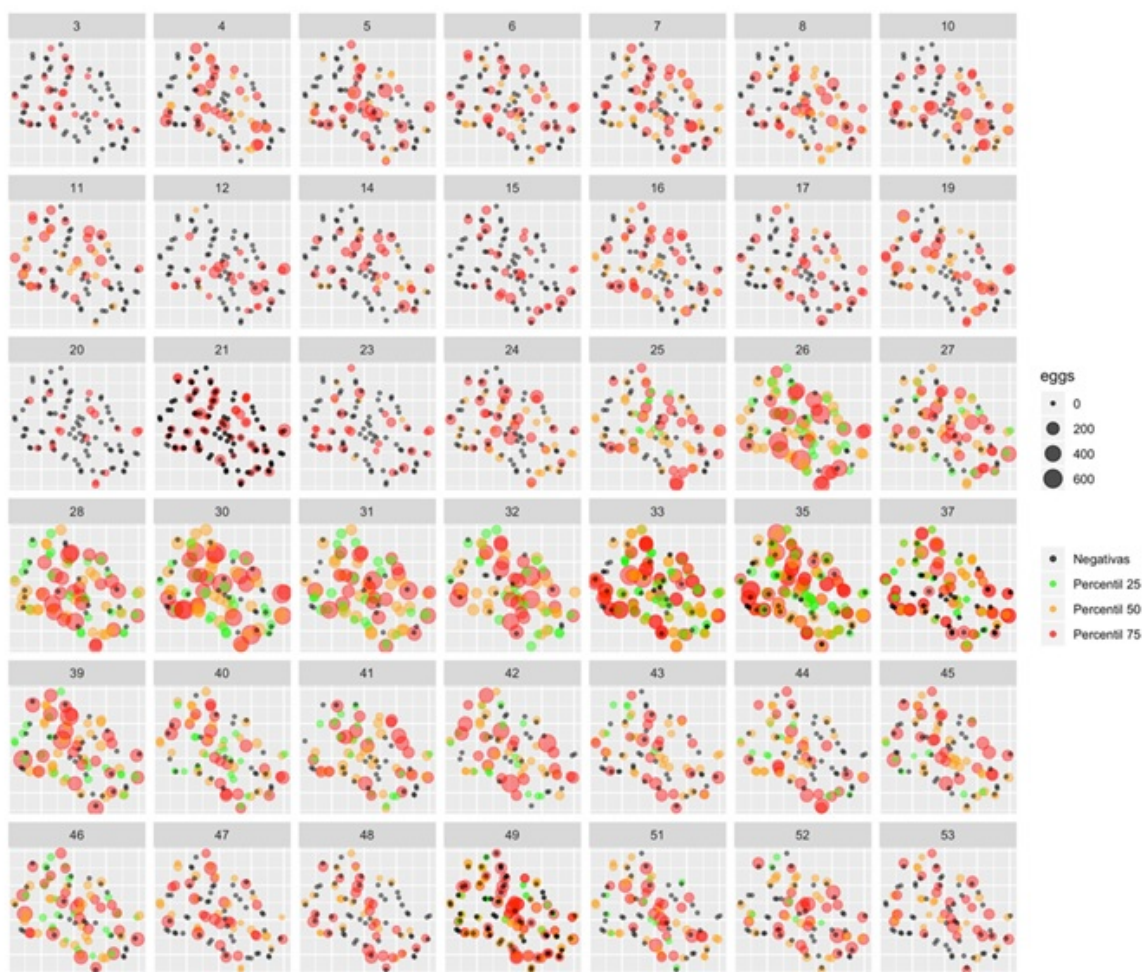


Figura 9. Distribución espacial de la abundancia de huevos de *Ae. aegypti* por semana en la localidad Molas. En cada panel los números representan las semanas del año, y en los ejes las coordenadas geográficas de cada ovitrampa, las cuales fueron omitidas. Los símbolos negros representan las ovitrampas negativas. El tamaño y el color representan el número de huevos y los percentiles 25 % (color verde), 50% (color naranja) y 75% (color rojo), respectivamente.



Figura 10. Distribución espacial de la abundancia de huevos de *Ae. aegypti* por semana en la localidad San Pedro Chimay. En cada panel los números representan las semanas del año, y en los ejes las coordenadas geográficas de cada ovitrampa, las cuales fueron omitidas. Los símbolos negros representan las ovitrampas negativas. El tamaño y el color representan el número de huevos y los percentiles 25 % (color verde), 50% (color naranja) y 75% (color rojo), respectivamente.



Figura 11. Distribución espacial de la abundancia de huevos de *Ae. aegypti* por semana en Tekik de Regil. En cada panel los números representan las semanas del año y en los ejes las coordenadas geográficas de cada ovitrampa, las cuales fueron omitidas. Los símbolos negros representan las ovitrampas negativas. El tamaño y el color representan el número de huevos y los percentiles 25 % (color verde), 50% (color naranja) y 75% (color rojo), respectivamente.



Figura 12. Distribución espacial de la abundancia de huevos de *Ae. aegypti* por semana en la localidad de la Hacienda de Tahdzibichén. En cada panel los números representan las semanas del año, y en los ejes las coordenadas geográficas de cada ovitrampa, las cuales fueron omitidas. Los símbolos negros representan las ovitrampas negativas. El tamaño y el color representan el número de huevos y los percentiles 25 % (color verde), 50% (color naranja) y 75% (color rojo), respectivamente.